

ANALISIS ERGONOMI SEPEDA UI DENGAN METODE *POSTURE EVALUATION INDEX* DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT*

Erlinda Muslim^{*)}, Boy Nurtjahyo, Zulkarnain, dan Liza Afrinotha

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

^{*)}E-mail: erlinda@eng.ui.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji aspek ergonomis dari sepeda Universitas Indonesia (UI) dalam *virtual environment*. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* Jack 6.0. Metode evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *posture evaluation index* (PEI) yang mengintegrasikan hasil analisis dari tiga buah metode: *lower back analysis* (LBA), *ovako working posture analysis* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi desain aktual sepeda UI dan mencari konfigurasi desain ulang paling ergonomis ditinjau dari tinggi stang dan tinggi sadel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain sepeda UI yang paling ergonomis adalah desain yang memiliki tinggi stang terbesar (22 cm) dan tinggi sadel terkecil (11 cm).

Abstract

Ergonomic Analysis of UI's Bicycles Using Posture Evaluation Index (PEI) Method in Virtual Environment. This research was conducted to study the ergonomic aspect of University of Indonesia's bicycles in virtual environment. Software Jack 6.0 was used to analyze it. PEI was used as an approach that integrated the results of three methods: lower back analysis (LBA), ovako working posture analysis (OWAS), and rapid upper limb assessment (RULA). The research objective is to evaluate the existing design of University of Indonesia's bicycles and to determine the most ergonomic redesign which concerns handlebar height and saddle height modification. The result showed that the most ergonomic design of University of Indonesia's bicycles is the one with the highest handlebar height (22 cm) and the lowest saddle height (11 cm).

Keywords: *Ergonomics, LBA, OWAS, RULA, virtual environment*

1. Pendahuluan

Sepeda merupakan salah satu alternatif alat transportasi yang hemat energi. Hal ini disebabkan karena sepeda termasuk moda transportasi yang tidak bermotor (*non-motorized transportation* atau NMT) sehingga tidak membutuhkan bahan bakar minyak (BBM) [1].

Penggunaan sepeda sebagai alternatif moda transportasi dapat membantu mengurangi polusi udara yang terjadi akibat proses pembakaran bahan bakar minyak (BBM). Lebih lanjut, penggunaan sepeda akan turut mengurangi konsentrasi gas CO₂ di atmosfer yang berpotensi meningkatkan konsentrasi gas-gas rumah kaca dan menyebabkan terjadinya *global warming* (pemanasan global) [2].

Pemanasan global saat ini menjadi topik hangat di seluruh dunia. Hal ini disebabkan karena pemanasan global memberikan dampak yang sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Dampak tersebut di antaranya adalah kenaikan permukaan air laut yang akan sangat mempengaruhi ekosistem pantai, ketidakstabilan iklim yang menyebabkan peningkatan curah hujan, dan pergeseran ekosistem yang berdampak pada penyebaran berbagai penyakit melalui air (*waterborne diseases*) atau vektor (*vector-borne diseases*).

Universitas Indonesia, sebagai lembaga yang inovatif, terstruktur, dan terorganisasi senantiasa berkomitmen untuk mencari solusi-solusi atas tantangan dan permasalahan global, termasuk di dalamnya masalah

pemanasan global [3]. Berdasarkan hal tersebut, Universitas Indonesia melakukan penataan jalur hijau di dalam lingkungan kampus untuk menjadikan kampus UI sebagai kampus hijau yang berwawasan lingkungan atau *green campus*. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mewujudkan *green campus* UI adalah melalui kebijakan penetapan sepeda dan bis kuning sebagai moda transportasi di dalam kampus. Penerapan kebijakan ini diharapkan mampu mengurangi penggunaan kendaraan pribadi di dalam kampus UI sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran udara dan bahaya dari pemanasan global.

Selain melakukan penambahan jumlah bis kuning, untuk mendukung kebijakan tersebut, UI membangun jalur khusus sepeda di dalam kampus UI Depok. Jalur sepeda ini memiliki panjang sekitar 20 km dan menghubungkan pusat-pusat kegiatan di UI secara *interconnected* atau saling terhubung [4]. Jalur sepeda UI dilengkapi dengan stasiun, pos, dan tempat parkir. Fasilitas sepeda yang disediakan berjumlah 1000 unit dan dapat digunakan oleh mahasiswa UI dengan sistem *free of charge* atau gratis.

Namun, penyediaan fasilitas sepeda UI tersebut belum didasari dengan penelitian ilmiah yang berkaitan dengan ergonomi. Hal inilah yang kemudian melatarbelakangi perlunya dilakukan penelitian untuk menganalisis aspek ergonomis sepeda UI sehingga dapat memberikan rekomendasi rancangan desain sepeda UI yang lebih ergonomis, nyaman dikendarai, dan memiliki resiko cedera yang kecil pada tubuh pengendara.

2. Metode Penelitian

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah melakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan seperti data spesifikasi sepeda UI, peta jalur dan kemiringan lintasan menanjak pada jalur sepeda UI, serta data antropometri mahasiswa UI sebagai pengendara sepeda UI.

Data spesifikasi sepeda UI diperoleh melalui pengukuran langsung yang dilakukan di lapangan. Gambar desain sepeda UI dapat dilihat pada Gambar 1. Data peta jalur sepeda UI diperoleh dari Sub Direktorat Pemeliharaan dan Pengelolaan Aset UI. Data kemiringan lintasan menanjak didapatkan melalui pengukuran langsung terhadap sembilan titik lintasan menanjak yang terdapat pada jalur sepeda UI. Pengukuran dilakukan bekerja sama dengan Departemen Teknik Sipil UI sebagai penyedia fasilitas dan operator alat ukur *theodolite*. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran kemiringan lintasan menanjak pada jalur sepeda UI.

Tahapan kedua adalah melakukan pengolahan data. Dalam tahapan ini dilakukan dua proses yaitu perancangan model dengan menggunakan *software* Jack 6.0 dan perhitungan nilai PEI. Sebelum melakukan

perancangan model, terlebih dahulu ditentukan konfigurasi model desain sepeda UI yang akan diuji. Konfigurasi ini ditentukan berdasarkan penambahan tinggi stang dan tinggi sadel sepeda UI yang masih mungkin untuk dilakukan.

Setelah menentukan konfigurasi, langkah selanjutnya adalah membuat desain sepeda UI berdasarkan konfigurasi tersebut dengan menggunakan *software* SolidWorks. Desain sepeda tersebut akan digunakan sebagai input dalam perancangan model dengan *software* Jack 6.0. Menggunakan *software* Jack 6.0 dapat menganalisis nilai *static strength prediction* (SSP), *lower back analysis* (LBA), *ovako working posture analysis system* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA) dari postur tubuh yang digunakan sehingga nilai PEI-nya dapat dihitung.

Tahapan ketiga adalah analisis yang dilakukan untuk menilai apakah desain sepeda UI saat ini sudah cukup ergonomis bagi pengendaranya.

Virtual environment (VE) merupakan representasi tiruan sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis (tiruan) yang memiliki kemiripan dengan lingkungan nyata [5]. VE merupakan lingkungan artifisial yang diciptakan oleh komputer dan digunakan secara *real-time* [6]. Lingkungan artifisial ini dapat berupa sebuah model tiga dimensi yang berisi



Gambar 1. Desain Sepeda UI

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kemiringan Lintasan Menanjak pada Jalur Sepeda UI

Titik Lintasan yang Diukur	% kemiringan
Pusgiwa	3,05
Menara Air	7,83
Balairung-BNI	2,82
Balairung-Rektorat	8,93
Fakultas Ekonomi	2,06
Hollywood UI-1	7,13
Hollywood UI-2	11,50
Resimen Mahasiswa	9,30
RM Mang Engking	4,01

kumpulan data yang kompleks. Pengguna dapat memanipulasi *virtual human* yang berada di dalam VE untuk berinteraksi dengan lingkungan dan objek yang ada pada lingkungan virtual tersebut. Hasil manipulasi pada VE harus memiliki ekuivalensi dengan hasil manipulasi yang berada pada lingkungan nyata dalam hal interaksi manusia dengan objek, dan interaksi antar objek.

Software Jack 6.0, adalah salah satu *software* ergonomi yang dapat mensimulasikan bagaimana model manusia (*virtual human*) yang berada pada lingkungan virtual (*virtual environment*) dapat berinteraksi dengan objek dan lingkungan tersebut, serta mendapatkan respon balik yang tepat dari objek yang dimanipulasi. Pengembangan *software Jack* ini terutama sangat memperhatikan penciptaan model tubuh manusia yang paling akurat dibandingkan dengan model manusia digital lain yang pernah ada. Dimana, kondisi postur tubuh dan ukuran data antropometri manusia virtual tersebut dapat disesuaikan dengan manusia nyata yang menjadi model dari simulasi tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses perancangan model dengan *software Jack* dilakukan dalam enam tahapan, yaitu: 1) membuat lingkungan *virtual (virtual environment)* yang terdiri atas model sepeda dan model lintasan sesuai dengan konfigurasi model desain sepeda UI, 2) membuat model manusia (*virtual human*) berdasarkan data antropometri yang dikumpulkan, 3) menyesuaikan postur model manusia (*virtual human*) sesuai dengan aktivitas mengendarai sepeda, 4) membuat sistem animasi (*animation system*) yang merepresentasikan aktivitas bersepeda yang sebenarnya, 5) memberikan gaya (*force*) pada kaki dan bahu. Gaya yang diberikan pada kaki merepresentasikan gaya kayuh sepeda yang dilakukan oleh pengendara. Gaya ini terdistribusi secara merata pada kedua kaki pengendara. Besarnya gaya ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$F_p = \frac{F_{rb} \times R_{gd} \times R_{rb}}{R_{gb} \times L_{tp}} \quad (1)$$

dengan,

F_p = gaya kayuh sepeda (N),
 F_{rb} = gaya pada roda belakang (N),
 R_{gd} = jari-jari gir depan (cm),
 R_{rb} = jari-jari roda belakang (cm),
 R_{gb} = jari-jari gir belakang (cm),
 L_{tp} = panjang tuas pedal (cm),

Sementara itu, gaya yang diberikan pada bahu merepresentasikan beban tas yang dibawa oleh pengendara di punggungnya. Beban ini diasumsikan sebesar 4 kg dan terdistribusi secara merata di kedua bahu pengendara, 6) menjalankan simulasi dan menganalisis kinerja model manusia (*virtual human*)

dengan menggunakan *Jack task analysis toolkits* (Jack TAT).

Tahapan awal pada pengolahan data adalah menentukan konfigurasi model desain sepeda UI berdasarkan penambahan sebesar 5 cm dan 10 cm pada variabel tinggi stang dan tinggi sadel sepeda UI. Terdapat 9 hasil konfigurasi model desain sepeda UI yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Jack TAT yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *static strength prediction* (SSP), *lower back analysis tool* (LBA), *ovako working posture analysis system* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA). SSP digunakan untuk menilai apakah aktivitas bersepeda yang diberikan dapat dilakukan oleh minimal 90% dari total populasi pengendara yang ada. LBA merupakan metode untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja pada ruas L4 dan L5 tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu. LBA juga dapat digunakan untuk menilai kemungkinan cedera yang akan terjadi pada tulang belakang. OWAS digunakan untuk menganalisis postur tubuh pengendara secara keseluruhan dan menilai kemungkinan risiko yang menyebabkan cedera pada sistem muskuloskeletal. Sementara itu, RULA digunakan untuk menganalisis risiko cedera pada anggota tubuh bagian atas yang terdiri dari lengan, pergelangan tangan, batang tubuh, dan leher ketika melakukan aktivitas tertentu.

Masing-masing Jack TAT tersebut akan memberikan penilaian terhadap kinerja model manusia (*virtual human*) dalam melakukan aktivitas bersepeda yang diberikan. Hasil ini kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai PEI dari setiap konfigurasi model

Tabel 2. Konfigurasi Model Desain Sepeda UI

Konfigurasi	Tinggi Stang (cm)	Tinggi Sadel (cm)	Lintasan	Keterangan
1		11	Menanjak Mendatar	} Aktual
2	12	16	Menanjak Mendatar	
3		21	Menanjak Mendatar	}
4		11	Menanjak Mendatar	
5	17	16	Menanjak Mendatar	} P
6		21	Menanjak Mendatar	
7		11	Menanjak Mendatar	} R
8	22	16	Menanjak Mendatar	
9		21	Menanjak Mendatar	} O

desain yang dibuat dengan menggunakan Persamaan (2).

$$PEI = I_1 + I_2 + I_3 \cdot mr \quad (2)$$

dengan:

$$I_1 = LBA/3400 \text{ N}$$

$$I_2 = OWAS/4$$

$$I_3 = RULA/7$$

$$mr = \text{amplification factor} = 1,42$$

Metode PEI dikembangkan oleh Francesco Caputo, Giuseppe Di Gironimo, dan Adelaide Marzano dari University of Naples Federico II, Italia. Tujuan dari penggunaan metode ini adalah untuk melakukan optimalisasi terhadap berbagai konfigurasi fitur geometri pada sebuah stasiun kerja [7]. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi postur kerja manusia yang disimulasikan dalam *virtual environment* khususnya menggunakan *software* Jack, sehingga menghasilkan suatu angka indeks yang merepresentasikan tingkat kenyamanan dan kesehatan dalam pekerjaan tersebut.

PEI merupakan integrasi dari hasil penilaian menggunakan metode LBA, OWAS, dan RULA yang dirangkum ke dalam tiga variabel dimensional I_1 , I_2 dan I_3 . Variabel I_1 menunjukkan evaluasi dari nilai LBA dengan batas *compression strength* yang mengikuti standar NIOSH (3400 N). Variabel I_2 menunjukkan index OWAS yang dinormalisasi dengan nilai maksimumnya sebesar 4. Sedangkan I_3 merupakan index RULA yang dinormalisasi dengan nilai maksimumnya sebesar 7. Karena pada penelitian ini tubuh bagian atas memiliki risiko cedera muskuloskeletal yang paling besar bila ditinjau dari postur pengendara saat mengendarai sepeda, maka variabel I_3 dikalikan dengan *amplification factor* (mr) sebesar 1,42 [8].

Variabel dimensional yang mendefinisikan PEI tersebut bergantung kepada tingkat ketidaknyamanan dari postur kerja yang diteliti. Semakin besar tingkat ketidaknyamanan suatu postur mengakibatkan semakin besar nilai dari variabel I_1 , I_2 , I_3 dan semakin besar pula nilai PEI. Nilai PEI menunjukkan kualitas dari sebuah postur kerja, dimana nilai yang lebih rendah di antara berbagai kemungkinan konfigurasi desain menunjukkan hasil yang lebih baik. Nilai PEI memiliki nilai minimum sebesar 0,47 (kondisi dimana operator tidak mendapat beban sama sekali) dan nilai maksimum sebesar 3,42.

Penelitian ini dilakukan terhadap pengendara pria maupun wanita untuk melihat perbedaan hasil yang diperoleh. Rekapitulasi hasil analisis Jack TAT setiap konfigurasi (Tabel 3 dan Tabel 4) menunjukkan bahwa setiap konfigurasi mempunyai nilai SSP diatas 90%, yang berarti bahwa aktivitas bersepeda yang dilakukan dengan menggunakan setiap konfigurasi model desain

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Jack TAT (untuk Pengendara Pria)

Konfi- gurasi	SSP > 90%	Nilai LBA (N)		OWAS	RULA
		Menanjak	Mendatar		
1		960	1068		4
2		964	1124		5
3		1018	1132		5
4		915	1002		4
5	YA	933	1093	3	4
6		963	1113		6
7		809	969		4
8		926	1015		4
9		956	1020		4

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisis Jack TAT (untuk Pengendara Wanita)

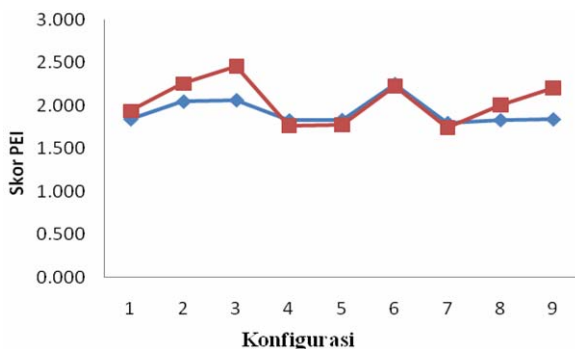
Konfi- gurasi	SSP > 90%	Nilai LBA (N)		OWAS	RULA
		Menanjak	Mendatar		
1		777	812		5
2		971	1011		6
3		976	1005		7
4		679	724		4
5	YA	715	752	3	4
6		882	918		6
7		602	643		4
8		825	885		5
9		800	859		6

sepeda UI tersebut dapat dilakukan oleh lebih dari 90% populasi pengendara pria maupun wanita. Sedangkan untuk skor OWAS menunjukkan bahwa baik pengendara pria maupun wanita berada pada tingkat *critical posture* yang sama yaitu 3. Hal ini menunjukkan bahwa postur kerja saat ini secara nyata membahayakan sistem muskuloskeletal manusia. Tindakan perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin.

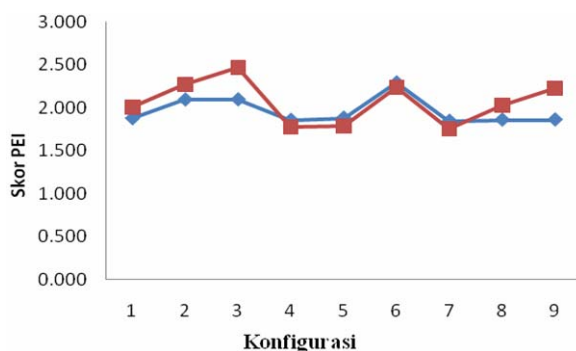
Sementara itu, secara umum skor LBA pada pengendara wanita memiliki kecenderungan yang sama dengan skor LBA pada pengendara pria, yaitu kecenderungan peningkatan skor LBA setiap penambahan tinggi sadel pada tinggi stang yang sama. Selain itu, kecenderungan penurunan skor LBA setiap penambahan tinggi stang (konfigurasi 3 ke-4 dan konfigurasi 6 ke-7) juga dialami oleh pengendara pria maupun wanita. Secara umum, skor LBA pada pengendara wanita relatif lebih rendah dibandingkan pada pengendara pria. Hal ini bisa dimaklumi mengingat ukuran tubuh (terutama bobot/berat badan) wanita lebih kecil dibandingkan pria. Ukuran berat badan wanita yang lebih kecil dibandingkan pria menyebabkan *compression force* yang dirasakan pada tulang belakang wanita lebih kecil dibandingkan pria. Sehingga wajar apabila skor LBA pada pengendara wanita relatif lebih kecil dibandingkan pria.

Skor RULA untuk pengendara wanita cenderung lebih tinggi dibandingkan pengendara pria, kecuali pada konfigurasi desain sepeda UI 4, 5, 6, dan 7 yang memiliki skor RULA sama besar (Tabel 3 dan 4). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa risiko cedera pada tubuh bagian atas yang dialami oleh pengendara wanita cenderung lebih tinggi dibandingkan pria. Hal ini bisa dimaklumi mengingat ukuran tubuh wanita yang lebih kecil dibandingkan pria sehingga secara postural, tubuh wanita lebih sulit menyesuaikan diri ketika menggunakan sepeda ini. Jangkauan tangan yang lebih pendek menyebabkan postur lengan yang lebih meregang atau batang tubuh yang lebih membungkuk untuk beberapa konfigurasi desain tertentu. Namun demikian, berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, ternyata untuk konfigurasi 4, 5, 6, dan 7 tidak ada perbedaan skor RULA antara pengendara pria dan wanita. Skor RULA tertinggi dialami oleh pengendara wanita pada konfigurasi 3 yaitu sebesar 7, yang menunjukkan bahwa konfigurasi 3 sangat tidak direkomendasikan bagi pengendara wanita (Tabel 3 dan Tabel 4).

Setelah memperhatikan perbandingan skor SSP, LBA, OWAS dan RULA antara pengendara pria dan wanita, maka selanjutnya kita dapat melihat perbandingan nilai PEI yang diperoleh antara pengendara pria dan wanita.



Gambar 2. Perhitungan Nilai PEI Pria (—♦—) dan Wanita (—■—) pada Lintasan Menanjak



Gambar 3. Perhitungan Nilai PEI Pria (—♦—) dan Wanita (—■—) pada Lintasan Mendatar

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan nilai PEI antara pengendara pria dan wanita berturut-turut pada lintasan menanjak dan mendatar.

Secara umum, kecenderungan nilai PEI pada pengendara pria maupun wanita sama dengan kecenderungan yang terjadi pada skor LBA. Setiap penambahan tinggi sadel pada tinggi stang yang sama, nilai PEI mengalami peningkatan serta kecenderungan penurunan nilai PEI setiap penambahan tinggi stang. Hal ini terjadi baik pada lintasan menanjak maupun lintasan mendatar. Nilai PEI untuk konfigurasi 1, 2, 3, 8, dan 9 pada pengendara wanita lebih tinggi dibandingkan pria. Hal ini dikarenakan kontribusi nilai RULA wanita yang lebih tinggi dibandingkan pengendara pria pada konfigurasi-konfigurasi tersebut. Meskipun skor LBA pengendara pria lebih tinggi dibandingkan wanita, namun kontribusinya terhadap perhitungan PEI tidak sebesar kontribusi skor RULA. Sedangkan untuk konfigurasi 4, 5, 6 dan 7 dapat dilihat bahwa nilai PEI untuk pengendara pria relatif lebih tinggi dibandingkan wanita. Hal ini terjadi karena skor RULA yang sama besar diiringi dengan skor LBA pengendara pria yang lebih besar dibandingkan pengendara wanita.

Selain itu, desain aktual sepeda UI yang ada saat ini relatif lebih ergonomis untuk pengendara pria dibandingkan wanita. Hal ini ditunjukkan dari nilai PEI pada pengendara pria yang relatif lebih rendah dibandingkan wanita (Gambar 2 dan Gambar 3). Sedangkan untuk konfigurasi desain ulang sepeda UI, konfigurasi 7 desain sepeda UI dengan tinggi stang paling besar (22 cm) dan tinggi sadel paling kecil (11 cm) merupakan desain paling ergonomis baik untuk pengendara pria maupun wanita. Hal ini dikarenakan nilai PEI yang paling rendah dimiliki oleh konfigurasi 7, baik pada lintasan menanjak maupun mendatar. Nilai PEI yang kecil ini disebabkan karena postur tubuh pengendara pada saat bersepeda dengan menggunakan desain konfigurasi 7 cenderung tegak sehingga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan terhadap tulang belakang dan sistem muskuloskeletal pengendara relatif lebih kecil.

Sementara itu, desain konfigurasi 1 yang merupakan desain aktual sepeda UI yang ada saat ini mempunyai nilai PEI yang relatif besar. Hal ini menunjukkan bahwa desain sepeda UI yang ada saat ini bukan merupakan desain yang paling ergonomis, sehingga masih dapat dilakukan perbaikan untuk mendapatkan desain yang lebih ergonomis.

4. Simpulan

Desain aktual sepeda UI saat ini memiliki nilai PEI yang relatif lebih besar dan bukan merupakan nilai yang

terbaik bila dibandingkan dengan konfigurasi lain sehingga masih dapat dilakukan perbaikan untuk mendapatkan desain yang lebih ergonomis. Selain itu, desain sepeda UI yang ada saat ini relatif lebih ergonomis untuk pengendara pria dibandingkan wanita. Konfigurasi desain sepeda UI yang terbaik dari sisi ergonomi untuk pengendara pria maupun wanita adalah konfigurasi ketujuh dengan melakukan perubahan pada tinggi stang dibandingkan kondisi aktualnya. Sepeda UI dengan konfigurasi terbaik tersebut memiliki spesifikasi tinggi stang yang mengalami penambahan 10 cm dibandingkan kondisi aktual menjadi 22 cm serta tinggi sadel yang sama dengan kondisi aktual yaitu sebesar 11 cm. Terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi nilai PEI pada pengendara pria maupun wanita saat mengendarai sepeda UI yaitu posisi tinggi stang, posisi sadel, jarak antara sadel dan stang, serta kondisi lintasan. Terdapat kecenderungan bahwa tinggi stang yang semakin bertambah akan membuat nilai PEI semakin rendah, sedangkan tinggi sadel yang semakin bertambah akan membuat nilai PEI semakin tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa stang yang semakin tinggi akan membuat pengendara merasa lebih nyaman.

Daftar Acuan

- [1] P. Guitink, S. Holste, J. Lebo, Non Motorized Transport: Confronting Poverty Through Affordable Mobility, <http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/publicat/td-ut4.htm>, 1994.
- [2] Anon., Perangi Pemanasan Global dengan Bersepeda, Monitor Depok, http://www.ui.edu/download/kliping/111108/Perangi_Pemanasan_dengan_Bersepeda.pdf, 2008.
- [3] Anon., Jalur Sepeda di UI, “Green Campus” Melawan Pemanasan Global. Seputar Indonesia, http://www.ui.edu/download/kliping/120308/jalur_sepeda_di_ui_green_campus_melawan_pemanasan_global.pdf, 2008.
- [4] D. Esyandi, Sepeda Akan Jadi Kendaraan Wajib di UI, Bisnis Indonesia, (4 Agustus 2008), 2008.
- [5] T. Määttä, Virtual Environments in Machinery Safety Analysis, Finlandia: VTT Technical Research Centre of Finland, 2003.
- [6] R.S. Kalawsky, The Science of Virtual Reality and Virtual Environments, Addison-Wesley Publishing Company, Wokingham, England, 1993.
- [7] F. Caputo, G. Di Gironimo, A. Marzano, Acta Polytechnica 46/5 (2006) 21.
- [8] G. Di Gironimo, G. Monacellia, S. Patalano, A Design Methodology for Maintainability of Automotive Components in Virtual Environment, International Design Conference, Dubrovnik, 2004, p.4.